



7

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 10 730 A 1**

⑰ Aktenzeichen: 102 10 730.0  
⑳ Anmeldetag: 12. 3. 2002  
㉓ Offenlegungstag: 25. 9. 2003

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 07 C 51/41**  
C 07 C 53/06  
A 23 K 1/00  
A 23 K 3/00  
A 23 L 3/3463  
A 61 L 2/16  
B 09 B 3/00

DE 102 10 730 A 1

⑦① Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

⑦② Erfinder:  
Slany, Michael, Dr., 67281 Kirchheim, DE; Schäfer,  
Martin, Dr., 67269 Grünstadt, DE; Karl, Jörn, Dr.,  
68159 Mannheim, DE; Röper, Michael, Prof. Dr.,  
67157 Wachenheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten

⑤⑦ Verfahren zur Herstellung von Ameisensauren Formiaten, bei dem man Ameisensäuremethylester mit Wasser und einer basischen Verbindung mit einem  $pK_a$ -Wert der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe von  $\geq 3$ , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, umsetzt, das gebildete Methanol abtrennt sowie optional den gewünschten Säuregehalt durch Zugabe von Ameisensäure einstellt.

DE 102 10 730 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Ameisensäuren Formiaten.

[0002] Ameisensaure Formiate besitzen eine antimikrobielle Wirkung und werden beispielsweise eingesetzt zur Konservierung sowie zur Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen, wie etwa von Gräsern, landwirtschaftlichen Produkten oder Fleisch, zur Behandlung von Bioabfällen oder als Additiv zur Tierernährung.

[0003] Ameisensaure Formiate und Herstellmethoden für diese sind seit langem bekannt. So ist in Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie, 8. Auflage, Nummer 21, Seiten 816 bis 819, Verlag Chemie GmbH, Berlin 1928 sowie Nummer 22, Seiten 919 bis 921, Verlag Chemie GmbH, Berlin 1937 die Darstellung von Natriumdiformiat sowie von Kaliumdiformiat durch Lösen von Natriumformiat sowie von Kaliumformiat in Ameisensäure beschrieben. Durch Temperaturniedrigung beziehungsweise durch Abdampfen überschüssiger Ameisensäure sind die kristallinen Diformiate zugänglich.

[0004] DE 424 017 lehrt die Herstellung von Ameisensäuren Natriumformiaten mit verschiedenem Säuregehalt durch Einbringen von Natriumformiat in wässrige Ameisensäure in entsprechendem Molverhältnis. Durch Abkühlung der Lösung können die entsprechenden Kristalle erhalten werden.

[0005] Nach J. Kendall et al., Journal of the American Chemical Society, Vol. 43, 1921, Seiten 1470 bis 1481 sind Ameisensaure Kaliumformiate durch Lösen von Kaliumcarbonat in 90%-iger Ameisensäure unter Bildung von Kohlendioxid zugänglich. Die entsprechenden Feststoffe können durch Kristallisation erhalten werden.

[0006] GB 1,505,388 offenbart die Herstellung carbonsaurer Carboxylat-Lösungen durch Mischen der Carbonsäure mit einer basischen Verbindung des gewünschten Kations in wässriger Lösung. So wird beispielsweise bei der Herstellung carbonsaurer Ammoniumcarboxylat-Lösungen Ammoniakwasser als basische Verbindung eingesetzt.

[0007] US 4,261,755 beschreibt die Herstellung von Ameisensäuren Formiaten durch Reaktion eines Überschusses an Ameisensäure mit dem Hydroxid, Carbonat oder Bicarbonat des entsprechenden Kations.

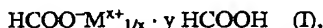
[0008] WO 96/35657 lehrt die Herstellung von Produkten, welche Disalze der Ameisensäure enthalten, durch Vermischen von Kalium-, Natrium-, Cäsium- oder Ammonium-Formiat, Kalium-, Natrium- oder Cäsium-hydroxid, -carbonat oder -bicarbonat oder Ammoniak mit gegebenenfalls wässriger Ameisensäure, anschließender Kühlung des Reaktionsgemisches, Filtration der erhaltenen Aufschlämmung und Trocknung des erhaltenen Filterkuchens sowie Rückführung des Filtrats.

[0009] Nachteilig an den obengenannten Verfahren ist, dass pro Mol gebildetem Formiat durch die Umsetzung mit den basischen Verbindungen jeweils ein Mol Ameisensäure verbraucht wird und dadurch, bezogen auf die gesamte Wertschöpfungskette, aufwendig, kosten- und energieintensiv ist.

[0010] Es bestand daher die Aufgabe, ein Verfahren bereitzustellen, welches die obengenannten Nachteile nicht mehr besitzt, die Herstellung Ameisensäurer Formiate in industriellem Maßstab in hoher Ausbeute, bei gleichzeitig großer Flexibilität bezüglich der Zusammensetzung und unter Einsatz gut zugänglicher Rohstoffe ermöglicht und eine einfache Verfahrensgestaltung mit niedrigen Investitionskosten erlaubt.

[0011] Demgemäß wurde ein Verfahren zur Herstellung von Ameisensäuren Formiaten gefunden, das dadurch gekennzeichnet ist, dass man Ameisensäuremethylester mit Wasser und einer basischen Verbindung mit einem  $pK_a$ -Wert der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe von  $\geq 3$ , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, umsetzt, das gebildete Methanol abtrennt sowie optional den gewünschten Säuregehalt durch Zugabe von Ameisensäure einstellt.

[0012] Als Ameisensaure Formiate sind Verbindungen und Gemische zu verstehen, welche Formiat-Anionen ( $HCOO^-$ ), Kationen ( $M^{x+}$ ) und Ameisensäure ( $HCOOH$ ) enthalten. Sie können zusammen in Form eines Feststoffs oder einer Flüssigkeit vorliegen und gegebenenfalls noch weitere Komponenten, wie beispielsweise weitere Salze, Zusatzstoffe oder Lösungsmittel wie etwa Wasser, enthalten. Im Allgemeinen können die Ameisensaure Formiate wiedergegeben werden durch die allgemeine Formel



in der M für ein ein- oder mehrwertiges, anorganisches oder organisches Kation steht, x eine positive Zahl ist und die Ladung des Kations angibt und y den molaren Anteil an Ameisensäure bezogen auf das Formiat-Anion wiedergibt. Der molare Anteil an Ameisensäure bezogen auf das Formiat-Anion y liegt im Allgemeinen bei 0,01 bis 100, bevorzugt bei 0,05 bis 20, besonders bevorzugt bei 0,5 bis 5 und insbesondere bei 0,9 bis 3,1.

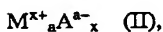
[0013] Die Natur des anorganischen oder organischen Kations  $M^{x+}$  ist prinzipiell unerheblich, sofern dieses unter den Bedingungen, unter denen das Ameisensaure Formiat gehandhabt werden soll, stabil ist. Darunter ist beispielsweise auch die Stabilität gegenüber den reduzierend wirkendem Formiat-Anion zu verstehen. Als mögliche anorganische Kationen seien die ein- und/oder mehrwertigen Metallkationen der Metalle aus der Gruppe 1 bis 14, wie beispielsweise Lithium ( $Li^+$ ), Natrium ( $Na^+$ ), Kalium ( $K^+$ ), Cäsium ( $Cs^+$ ), Magnesium ( $Mg^{2+}$ ), Kalzium ( $Ca^{2+}$ ), Strontium ( $Sr^{2+}$ ) und Barium ( $Ba^{2+}$ ), bevorzugt Natrium ( $Na^+$ ), Kalium ( $K^+$ ), Cäsium ( $Cs^+$ ) und Kalzium ( $Ca^{2+}$ ) genannt. Als mögliche organische Kationen seien unsubstituiertes Ammonium ( $NH_4^+$ ) und durch ein oder mehrere kohlenstoff-enthaltende Reste, welche gegebenenfalls auch miteinander verbunden sein können, substituiertes Ammonium, wie beispielsweise Methylammonium, Dimethylammonium, Trimethylammonium, Ethylammonium, Diethylammonium, Triethylammonium, Pyrrolidinium, N-Methylpyrrolidinium, Piperidinium, N-Methylpiperidinium oder Pyridinium genannt.

[0014] Unter einem Kohlenstoff enthaltenden organischen Rest ist ein unsubstituierter oder substituierter, aliphatischer, aromatischer oder araliphatischer Rest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen zu verstehen. Dieser Rest kann ein oder mehrere Heteroatome, wie etwa Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel oder Phosphor enthalten, beispielsweise -O-, -S-, -NR-, -CO-, -N=, -PR- und/oder -PR<sub>2</sub> und/oder durch eine oder mehrere funktionelle Gruppen, welche beispielsweise Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und/oder Halogen enthalten, substituiert sein, wie beispielsweise durch Fluor, Chlor, Brom, Iod und/oder eine Cyanogruppe (bei dem Rest R handelt es sich hierbei ebenfalls um einen Kohlenstoff enthaltenden or-

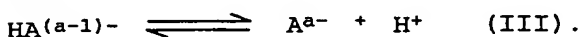
# DE 102 10 730 A 1

ganischen Rest). Bei dem Kohlenstoff enthaltenden organischen Rest kann es sich um einen einwertigen oder auch mehrwertigen, beispielsweise zwei- oder dreiwertigen Rest handeln.

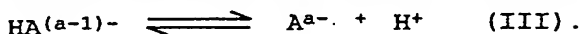
[0015] Zur Herstellung der ameisensauren Formiaten setzt man beim erfindungsgemäßen Verfahren Ameisensäuremethylester mit Wasser und einer basischen Verbindung mit einem  $pK_a$ -Wert der korrespondierenden Säure in der entsprechenden Dissoziationsstufe von  $\geq 3$ , bevorzugt von  $\geq 3,5$ , besonders bevorzugt von  $\geq 9$  und ganz besonders bevorzugt von  $\geq 10$ , gemessen bei  $25^\circ\text{C}$  in wässriger Lösung, um. Die basische Verbindung kann anorganischer oder organischer Natur sein. Bei der basischen Verbindung kann es sich um ein Salz oder eine kovalente Verbindung handeln. Unter der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe ist dabei die durch formale Addition eines Protons ( $\text{H}^+$ ) gebildete Säure zu verstehen. Für den Fall, dass es sich bei der basischen Verbindung um ein Salz handelt, kann dieses allgemein durch die Formel



in der M und x die unter (I) genannte Bedeutung besitzen und A einem anorganischem oder organischem Anion mit der Ladung "a-" entspricht, dargestellt werden. Die korrespondierende Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe entspricht somit  $\text{HA}^{(a-1)-}$ . Die entsprechende und für den heranzuziehenden  $pK_a$ -Wert maßgebliche Dissoziationsgleichung lautet



[0016] Für den Fall, dass es sich bei der basischen Verbindung um eine kovalente Verbindung B handelt, lautet die für den heranzuziehenden  $pK_a$ -Wert maßgebliche Dissoziationsgleichung



[0017] Als Beispiele geeigneter basischer Verbindungen seien die Salze  $\text{M}^{x+}_x \text{A}^{a-}_x$  (II), in denen  $\text{M}^{x+}$  für ein ein- oder mehrwertiges Metallkation eines Metalls wie oben beschrieben und  $\text{A}^{a-}$  für ein Anion wie in Tabelle 1a aufgelistet steht sowie die kovalenten Verbindungen B wie in Tabelle 1b aufgelistet, genannt.

Tabelle 1a

Mögliche Anionen  $\text{A}^{a-}$  geeigneter basischer Verbindungen und  $pK_a$ -Werte (gemessen bei  $25^\circ\text{C}$  in wässriger Lösung) der korrespondierenden Säuren der entsprechenden Dissoziationsstufen

Anionen $\text{A}^{a-}$	korrespondierende Säure	$pK_a$ -Wert
Hydroxid ( $\text{OH}^-$ )	Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ )	14,0
Carbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ )	Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	10,3
Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )	6,4
Borat ( $\text{BO}_3^{3-}$ )	Hydrogenborat ( $\text{HBO}_3^{2-}$ )	> 14
Hydrogenborat ( $\text{HBO}_3^{2-}$ )	Dihydrogenborat ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ )	> 14
Dihydrogenborat ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ )	Borsäure ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	9,3
Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	Hydrogenphosphat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ )	12,3
Hydrogenphosphat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ )	Dihydrogenphosphat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )	7,2
Formiat	Ameisensäure	3,8
Acetat	Essigsäure	4,8
Propionat	Propionsäure	4,9

Anionen $\text{A}^{a-}$	korrespondierende Säure	$pK_a$ -Wert
Oxalat ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ )	Hydrogenoxalat ( $\text{HC}_2\text{O}_4^-$ )	4,2
2-Ethylhexanoat ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{-CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{-COO}^-$ )	2-Ethylhexansäure ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{-CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{-COOH}$ )	> 4

Tabelle 1b

Mögliche kovalente Basen B als geeignete basische Verbindungen und  $pK_a$ -Werte (gemessen bei 25°C in wässriger Lösung) der korrespondierenden Säuren der entsprechenden Dissoziationsstufen

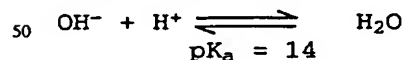
kovalente Base B	korrespondierende Säure	$pK_a$ -Wert
Ammoniak	Ammonium	9,3
Methylamin	Methylammonium	10,6
Dimethylamin	Dimethylammonium	10,7
Trimethylamin	Trimethylammonium	9,8
Ethylamin	Ethylammonium	10,7
Diethylamin	Diethylammonium	11,0
Triethylamin	Triethylammonium	10,8
Pyrollidin	Pyrollidinium	11,3
N-Methylpyrrolidin	N-Methylpyrrolidinium	10,3
Piperidin	Piperidinium	11,1
N-Methylpiperidin	N-Methylpiperidinium	10,1
Pyridin	Pyridinium	5,3

[0018] Bevorzugt setzt man beim erfindungsgemäßen Verfahren als basische Verbindungen Lithiumhydroxid, Lithiumhydrogencarbonat, Lithiumcarbonat, Lithiumformiat, Natriumhydroxid, Natriumhydrogencarbonat, Natriumcarbonat, Natriumformiat, Kaliumhydroxid, Kaliumhydrogencarbonat, Kaliumcarbonat, Kaliumformiat, Ammoniumcarbonat, Ammoniumhydrogencarbonat und/oder Ammoniak, besonders bevorzugt Natriumhydroxid, Natriumhydrogencarbonat, Natriumcarbonat, Natriumformiat, Kaliumhydroxid, Kaliumhydrogencarbonat, Kaliumcarbonat, Kaliumformiat und/oder Ammoniak und besonders bevorzugt Natriumhydroxid, Natriumcarbonat, Natriumformiat, Kaliumhydroxid, Kaliumcarbonat und/oder Kaliumformiat, insbesondere Natriumhydroxid, Natriumformiat, Kaliumhydroxid und/oder Kaliumformiat ein.

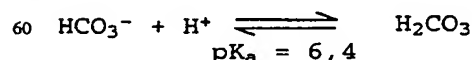
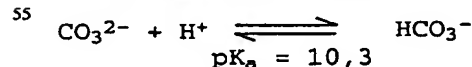
[0019] Die Art der Zugabe der basischen Verbindungen ist beim erfindungsgemäßen Verfahren im Allgemeinen unwesentlich. Sie können in fester, flüssiger oder gasförmiger Form, als Reinsubstanz, als Substanzgemisch oder als Lösung zugegeben werden. Als Beispiele seien die Zugabe in Form wässriger Lösungen (z. B. wässrige Lösungen der Alkalisalze oder Ammoniakwasser), in Form fester Verbindungen (z. B. Pulver der Alkalisalze), in gasförmigem Zustand (z. B. gasförmiger Ammoniak) genannt. Bevorzugt ist die Zugabe in Form ihrer wässrigen Lösungen.

[0020] Auch die Reihenfolge der Zugaben der Edukte ist beim erfindungsgemäßen Verfahren im Allgemeinen unwesentlich. So ist es beispielsweise möglich, die basische Verbindung in fester oder flüssiger Form (z. B. als wässrige Lösung) vorzulegen und anschließend den Ameisensäuremethylester unter Rühren flüssig oder gasförmig einzutragen. Es ist ferner möglich, den Ameisensäuremethylester in flüssiger Form vorzulegen und anschließend die basische Verbindung zuzufügen. Des weiteren können natürlich die Edukte im gewünschten Verhältnis auch parallel zugegeben werden.

[0021] Das Molverhältnis von Ameisensäuremethylester zur basischen Verbindung ist für das Verfahren im Allgemeinen unwesentlich. In der Regel setzt man gegenüber der basischen Verbindung mindestens soviel Ameisensäuremethylester ein, dass sich aufgrund der Reaktionsstöchiometrie die gesamte basische Verbindung in Formiat umsetzt. Die maßgebliche Größe hierfür ist das sogenannte Moläquivalent der basischen Verbindung, wobei hierbei alle Dissoziationsstufen, welche durch Addition von Protonen zu korrespondierenden Säuren führen, welche einem  $pK_a$ -Wert von  $\geq 3$ , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, aufweisen, zu berücksichtigen sind. So führt beispielsweise ein Ameisensäuremethylester/Kaliumhydroxid-Molverhältnis von 2,0 zur Bildung von Kaliumdiformiat  $\text{HCOOK} \cdot \text{HCOOH}$ , da 1 Mol KOH 1 Moläquivalent entspricht:



[0022] Ein Ameisensäuremethylester/Kaliumcarbonat-Molverhältnis von 2,0 führt hingegen zur Bildung von Kaliumformiat  $\text{HCOOK}$ , da 1 Mol  $\text{K}_2\text{CO}_3$  2 Moläquivalenten entspricht:



[0023] Je nach eingesetztem Molverhältnis von Ameisensäuremethylester zum Moläquivalent der basischen Verbindung erhält man als Umsetzungsprodukt ein Gemisch enthaltend Formiat  $\text{HCOO-M}^{+1/x}$  (ohne Überschuß an Ameisensäure) oder ameisen-saures Formiat (I)  $\text{HCOO-M}^{+1/x} \cdot y \text{HCOOH}$  sowie Methanol, gegebenenfalls Wasser und gegebenenfalls Umsetzungsprodukte der basischen Verbindung.

[0024] Das gebildete Methanol trennt man beim erfindungsgemäßen Verfahren aus dem erhaltenen Reaktionsgemisch ab, wobei dieses zuvor gegebenenfalls noch mit weiteren Komponenten, wie beispielsweise mit Ameisensäure versetzt

werden kann. Die Methanol-Abtrennung kann beispielsweise nach den üblichen, bekannten Verfahren, wie etwa durch Verdampfung erfolgen. Bei der Verdampfung von Methanol ist es auch möglich, einen Teil des eventuell vorhandenen Wassers, gegebenenfalls des gesamten Wassers, mit abzutrennen. Bevorzugt ist die Verdampfung von Methanol ohne nennenswerte Mengen an Wasser, da in diesem Fall überwiegend Methanol als Kondensat erhalten wird, welches beispielsweise erneut in der Darstellung von Ameisensäuremethylester durch Carbonylierung eingesetzt werden kann. Als weiteres Verfahren zur Abtrennung des gebildeten Methanols sei die Auskristallisation und Abtrennung des Formiats  $\text{HCOO-M}^{x+}_{1/x}$  beziehungsweise des ameisen-sauren Formiats (I)  $\text{HCOO-M}^{x+}_{1/x} \cdot y \text{HCOOH}$  genannt, bei dem eine Mutterlauge enthaltend Methanol und Formiat beziehungsweise ameisen-saures Formiat erhalten wird. Aus dieser Mutterlauge kann durch anschließende Destillation Methanol gewonnen werden. Das verbleibende Sumpffprodukt wird vorteilhafterweise zur Formiat-Synthesestufe rückgeführt.

[0025] Wurde bei der genannten Umsetzung ein Produkt mit einem niedrigeren Ameisensäuregehalt als gewünscht erhalten (beispielsweise ausschließlich Formiat, ohne Überschuß an Ameisensäure), so kann dem erhaltenen Gemisch nachträglich Ameisensäure zugegeben werden. Im Allgemeinen ist es vorteilhaft in diesem Falle zuerst das gebildete Methanol abzutrennen (z. B. destillativ) und anschließend durch Zugabe von Ameisensäure den gewünschten Säuregehalt des ameisen-sauren Formiats einzustellen.

[0026] Wird die Umsetzung zwischen dem Ameisensäuremethylester, dem Wasser und der basischen Verbindung derart durchgeführt, dass zunächst nur Formiat (ohne Überschuß an Ameisensäure) oder Formiat mit sehr geringem Überschuß an Ameisensäure gebildet wird, so ist der gewünschte Säuregehalt des herzustellenden ameisen-sauren Formiats durch Zugabe von Ameisensäure einzustellen. Die Zugabe kann, wie bereits oben erwähnt, vor oder nach der Abtrennung des Methanols erfolgen.

[0027] Bevorzugt ist beim erfindungsgemäßen Verfahren die Herstellung von ameisen-sauren Formiaten, bei dem man Ameisensäuremethylester mit Wasser und einer basischen Verbindung, wie oben definiert, direkt zu ameisen-sauren Formiaten (I) umsetzt und das gebildete Methanol abtrennt. Bei dieser bevorzugten Variante ist eine nachträgliche Einstellung des gewünschten Säuregehalts durch nachträgliche Zugabe von Ameisensäure im Allgemeinen nicht mehr erforderlich.

[0028] Beim erfindungsgemäßen Verfahren setzt man im Allgemeinen ein Molverhältnis von Ameisensäuremethylester "n(Ameisensäuremethylester)" im Frisch-Feed zum Moläquivalent der basischen Verbindung "n'(basische Verbindung)" im Frisch-Feed unter Berücksichtigung aller Dissoziationsstufen, welche durch Addition von Protonen zu korrespondierenden Säuren führen, welche einem  $\text{pK}_a$ -Wert von  $\geq 3$ , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, aufweisen, von

$$\frac{n(\text{Ameisensäuremethylester})}{n'(\text{basische Verbindung})}$$

gleich 0,5 bis 100 ein. Bevorzugt beträgt das genannte Molverhältnis 1,0 bis 10, besonders bevorzugt 1,1 bis 20, ganz besonders bevorzugt 1,5 bis 6 und insbesondere 1,9 bis 4,1. Unter dem Begriff "Frisch-Feed" ist dabei der der Produktionsanlage zur Herstellung der ameisen-sauren Formiate von außen zugeführte Eduktstrom ohne Berücksichtigung eventuell rückgeführter Komponenten zu verstehen.

[0029] Die Menge des beim erfindungsgemäßen Verfahren einzusetzenden Wassers kann über einen breiten Bereich variieren. Im Allgemeinen setzt man beim erfindungsgemäßen Verfahren bei der Umsetzung im Reaktionsapparat eine Konzentration an Wasser von 0,1 bis 95 Gew.-%, bevorzugt von 5 bis 80 Gew.-% und besonders bevorzugt von 10 bis 70 Gew.-% ein.

[0030] Die frisch zugeführte Menge an Wasser entspricht im Allgemeinen der stöchiometrisch für die Umsetzung erforderlichen Menge. Das erfindungsgemäße Verfahren führt man im Allgemeinen bei einer Temperatur von 0 bis 150°C, bevorzugt von 30 bis 120°C und besonders bevorzugt von 50 bis 80°C durch. Bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt der Druck im Allgemeinen 0,05 bis 1 MPa abs, bevorzugt 0,08 bis 0,5 MPa abs und besonders bevorzugt 0,09 bis 0,15 MPa abs.

[0031] Als Reaktionsapparate können prinzipiell alle Reaktionsapparate eingesetzt werden, welche für Umsetzungen in der Flüssigphase geeignet sind. Als Beispiele genannt seien Rührkessel und Strahlschlaufenreaktor.

[0032] Die Abtrennung des gebildeten Methanols erfolgt beim erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt durch Verdampfung aus dem Reaktionsgemisch. Als geeignete Methoden zur Verdampfung seien die Destillation und die Strip-pung genannt. Bei der Destillation wird das erhaltene Reaktionsgemisch im Allgemeinen in eine diskontinuierlich, halbkontinuierlich oder kontinuierlich betriebene Kolonne überführt und dort abdestilliert. Es ist aber auch möglich, das Methanol nach der Umsetzung aus dem Reaktionsapparat abzudampfen. In diesem Fall ist der Reaktionsapparat vorteilhafterweise mit einem Destillationsaufsatz versehen. Bei der Strip-pung wird ein Stripgas durch das Reaktionsgemisch geleitet. Als Stripgase geeignet sind prinzipiell alle Gase, welche gegenüber dem Reaktionsgemisch inert sind, wie beispielsweise Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Edelgase oder deren Gemische.

[0033] Ist beabsichtigt, wässrige Lösungen der ameisen-sauren Formiate herzustellen, so erfolgt in der Regel nach der Methanol-Abtrennung die Einstellung des gewünschten Wassergehalts. Dies geschieht durch Zufuhr oder Abdestillation von Wasser.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kühlt man das nach der Methanol-Abtrennung erhaltene Gemisch zur Auskristallisation ab und trennt die unterschiedlichen ameisen-sauren Formiate ab. Die genannte Auskristallisation führt man im Allgemeinen bei einer Temperatur im Bereich von -20°C bis +30°C und bevorzugt von 0°C bis 30°C durch. In der Regel nimmt die Menge an auskristallisiertem Produkt mit fallender Temperatur zu. Die Auskristallisation kann prinzipiell in allen bekannten Apparaten hierzu durchgeführt werden. Sie kann beispielsweise im Anschluß an die Methanol-Abtrennung direkt im Reaktionsapparat, im Kolonnensumpf, in einem weiteren Rührkessel oder einem sogenannten Kristallisor erfolgen. Die genannte Ausführungsform ist besonders vorteilhaft einsetzbar zur Abtrennung von ameisen-sauren Formiaten, welche in der gewünschten Zusammensetzung kristallisierbar sind. Als relevante Beispiele seien Kaliumdiformiat ( $\text{HCOOK} \cdot \text{HCOOH}$ ), Natriumdiformiat ( $\text{HCOONa} \cdot \text{HCOOH}$ ), Na-

triumtetraformiat ( $\text{HCOONa} \cdot 3 \text{HCOOH}$ ) oder deren Gemische genannt.

[0035] Die Abtrennung der auskristallisierten Formiate oder Ameisensäuren Formiate geschieht im Allgemeinen durch die üblichen und bekannten Methoden, wie beispielsweise durch Filtration oder Zentrifugation.

[0036] Die nach der Abtrennung der Ameisensäuren Formiate erhaltene Mutterlauge setzt man bevorzugt erneut bei der Umsetzung von Ameisensäuremethylester mit Wasser und der basischen Verbindung ein.

[0037] Die Umsetzung von Ameisensäuremethylester mit Wasser und der basischen Verbindung, die Abtrennung von Methanol und die Isolierung der Ameisensäuren Formiate kann diskontinuierlich, halbkontinuierlich oder kontinuierlich erfolgen. Bevorzugt führt man die genannte Umsetzung und die Abtrennung von Methanol kontinuierlich durch.

[0038] Besonders bevorzugt stellt man beim erfindungsgemäßen Verfahren Kaliumdiformiat ( $\text{HCOOK} \cdot \text{HCOOH}$ ), Natriumdiformiat ( $\text{HCOONa} \cdot \text{HCOOH}$ ), Natriumtetraformiat ( $\text{HCOONa} \cdot 3 \text{HCOOH}$ ) oder deren Gemische und insbesondere Kaliumdiformiat her.

[0039] Die Ameisensäuren Formiate werden im Allgemeinen in Form ihrer Lösungen oder kristallin als Feststoffe hergestellt. Sie können gegebenenfalls noch mit weiteren Komponenten, wie beispielsweise weiteren Formiaten versetzt werden. Bei den kristallinen Ameisensäuren Formiaten ist es in der Regel für die Lagerung, den Transport und den Einsatz vorteilhaft, diese zusammen mit einem Trocknungsmittel, beispielsweise Silicate oder Stärke, zu einem partikulären Kompaktat oder diversen Formkörpern, wie etwa Tabletten oder Kugeln, zu verdichten.

[0040] Ferner ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten Ameisensäuren Formiate zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen. Als Beispiele seien die Verwendung Ameisensäuren Formiate zur Konservierung und Ansäuerung von Gras, landwirtschaftlichen Pflanzen, Fisch sowie Fisch- und Fleischprodukten genannt, wie sie beispielsweise in WO 97/05783, WO 99/12435, WO 00/08929 und WO 01/19207 beschrieben sind.

[0041] Des Weiteren ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten Ameisensäuren Formiate zur Behandlung von Bioabfällen. Die Verwendung Ameisensäurer Formiate zur Behandlung von Bioabfällen ist beispielsweise in WO 98/20911 beschrieben.

[0042] Ferner ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten Ameisensäuren Formiate als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere, wie beispielsweise für Zuchtsauen, Mastschweine, Geflügel, Kälber und Kühe. Die genannte Verwendung ist beispielsweise in WO 96/35337 beschrieben. Bevorzugt ist die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten Ameisensäuren Kaliumformiate, insbesondere von Kaliumdiformiat, als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere, insbesondere für Zuchtsauen und Mastschweine.

[0043] Des weiteren ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung der erfindungsgemäß hergestellten Ameisensäuren Formiate zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen, zur Behandlung von Bioabfällen und/oder als Additiv in der Tierernährung.

[0044] Besonders bevorzugt ist die Verwendung als Additiv in der Tierernährung. Als bevorzugte, Ameisensäure Formiate enthaltende Produkte seien folgende Mischungen genannt:

	Mischung 1	Mischung 2
	(Gew.-%)	(Gew.-%)
40 Kaliumdiformiat	20 bis 60	60 bis 99
Natriumdiformiat/tetraformiat	20 bis 50	---
Kalziumformiat	0 bis 25	0 bis 28
Trocknungsmittel (Silicat oder	0 bis 4	0 bis 4
45 Stärke)		
Wasser	0 bis 5	0 bis 5

[0045] Ganz besonders bevorzugt ist die Verwendung des erfindungsgemäß hergestellten Kaliumdiformiates in der Tierernährung in Form eines Produkts der Zusammensetzung  $98,0 \pm 1$  Gew.-% Kaliumdiformiat,  $1,5 \pm 1$  Gew.-% Silicat und  $0,5 \pm 0,3$  Gew.-% Wasser.

[0046] In einer allgemeinen Ausführungsform zur kontinuierlichen Herstellung von Kaliumdiformiat legt man in einem Reaktor (z. B. einem Rührkessel) eine wässrige Kaliumhydroxid und/oder Kaliumformiat-Lösung vor, heizt auf die gewünschte Temperatur von bevorzugt 50 bis 80°C auf und beginnt unter Rühren mit der Einleitung von Ameisensäuremethylester. Die vorhandene Wassermenge wurde derart eingestellt, dass unter den Reaktionsbedingungen das gesamte eingesetzte Kaliumsalz sowie auch das gebildete Kaliumformiat gelöst vorliegen. Nachdem eine Menge von einem Mol Ameisensäuremethylester bezogen auf 1 Mol eingesetztem Kaliumsalz zugegeben wurde, beginnt man parallel zur Ameisensäuremethylester-Zufuhr mit der Einleitung von weiterer Kaliumsalz-Lösung. Die Stöchiometrie zwischen Ameisensäuremethylester und dem Kaliumsalz beträgt dabei weiterhin 1 : 1. Nachdem der gewünschte Flüssigkeitsstand im Reaktor erreicht wurde, beginnt man mit der Überleitung in eine Destillationskolonne. Dort wird nach Erreichung des Betriebspunktes kontinuierlich Methanol über Kopf abdestilliert. Das erhaltene Methanol kann dabei beispielsweise erneut zur Darstellung von Ameisensäuremethylester durch Carbonylierung eingesetzt werden. Der erhaltene Sumpfauswurf wird in ein Kristallisationsgefäß geleitet, unter Rühren mit der bezogen auf Kaliumformiat äquimolaren Menge an Ameisensäure versetzt und auf eine Temperatur von 10 bis 25°C abgekühlt, wobei Kaliumdiformiat ausfällt. Das ausgefallene Kaliumdiformiat wird über eine Filtration oder Zentrifugation abgetrennt und einem Trockner zugeführt. Die Mutterlauge, welche noch weiteres gelöstes Kaliumformiat und Ameisensäure enthält wird kontinuierlich zum Reaktionsapparat rückgeführt.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform zur kontinuierlichen Herstellung von Kaliumdiformiat legt man in einem Reaktor (z. B. einem Rührkessel) eine wässrige Kaliumhydroxid und/oder Kaliumformiat-Lösung vor, heizt auf die

gewünschte Temperatur von bevorzugt 50 bis 80°C auf und beginnt unter Rühren mit der Einleitung von Ameisensäuremethylester. Die vorhandene Wassermenge wurde derart eingestellt, dass unter den Reaktionsbedingungen das gesamte eingesetzte Kaliumsalz sowie auch das gebildete Kaliumformiat gelöst vorliegen. Nachdem eine Menge von 2 Mol Ameisensäuremethylester bezogen auf 1 Mol eingesetztem Kaliumsalz zugegeben wurde, beginnt man parallel zur Ameisensäuremethylester-Zufuhr mit der Einleitung von weiterer Kaliumsalz-Lösung. Die Stöchiometrie zwischen Ameisensäuremethylester und dem Kaliumsalz beträgt dabei weiterhin 2 : 1. Nachdem der gewünschte Flüssigkeitsstand im Reaktor erreicht wurde, beginnt man mit der Überleitung in eine Destillationskolonne. Dort wird nach Erreichung des Betriebspunktes kontinuierlich Methanol über Kopf abdestilliert. Das erhaltene Methanol kann dabei beispielsweise erneut zur Darstellung von Ameisensäuremethylester durch Carbonylierung eingesetzt werden. Der erhaltene Sumpfaus- 5  
trag wird in ein Kristallisationsgefäß geleitet und auf eine Temperatur von 10 bis 25°C abgekühlt, wobei Kaliumdifor- 10  
miat ausfällt. Das ausgefallene Kaliumdiformiat wird über eine Filtration oder Zentrifugation abgetrennt und einem Trockner zugeführt. Die Mutterlauge, welche noch weiteres gelöstes Kaliumformiat und Ameisensäure enthält wird kon-  
tinuierlich zum Reaktionsapparat rückgeführt.

[0048] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Herstellung ameisenaurer Formiate in industriellem Maßstab in hoher Ausbeute, bei gleichzeitig großer Flexibilität bezüglich der Zusammensetzung und unter Einsatz gut zugänglicher Rohstoffe bei einfacher Verfahrensgestaltung und niedrigen Investitionskosten. Das Verfahren besitzt des weiteren den entscheidenden Vorteil, dass das Formiat und in der bevorzugten Ausführungsform auch der Ameisensäureanteil des ameisen-sauren Formiats direkt aus Ameisensäuremethylester ohne den kostenintensiven und apparativ aufwendigen Umweg über die konzentrierte Ameisensäure gewonnen werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ist daher ver- 15  
fahrenstechnisch einfach durchführbar und weist gegenüber den Verfahren unter direktem Einsatz von konzentrierter 20  
Ameisensäure nach dem Stand der Technik deutlich geringere Investitions- und Energiekosten auf. Ferner kann auf den Einsatz hochlegierter Stähle verzichtet werden, da die ameisen-sauren Formiate weitaus weniger korrosiv sind als kon-  
zentrierte Ameisensäure.

#### Beispiele

##### Beispiel 1

[0049] In einen 400 mL-Glasautoklaven mit Begasungsrührer wurden 50 g (2,78 Mol) Wasser, 10 g Kaliumformiat enthaltend 2 Gew.-% Wasser (entspricht 0,12 Mol Kaliumformiat), 5 g Kaliumdiformiat enthaltend 2 Gew.-% Wasser (entspricht 0,038 Mol Kaliumdiformiat) und 10 g (0,17 Mol) Ameisensäuremethylester gegeben und für 24 Stunden auf 60°C erwärmt. Anschließend wurde die Reaktionslösung zur Auskristallisation von Kaliumdiformiat auf Raumtempera- 30  
tur abgekühlt. Das auskristallisierte Kaliumdiformiat wurde isoliert und getrocknet. Aus dem gaschromatographisch quantitativ bestimmten Gehalt an Ameisensäuremethylester im Filtrat wurde dessen Umsatz zu 72% berechnet. Das Filtrat wurde vollständig eingedampft und das ausgeschiedene Kaliumdiformiat isoliert und getrocknet. Beide Kaliumdifor- 35  
miat-Proben wurden nun zusammengegeben, gewogen und auf dessen Wasser- und Kalium-Gehalt analysiert. Es wurde ein Kalium-Gehalt von 30 Gew.-% und ein Wassergehalt von 2 Gew.-% ermittelt, was der Zusammensetzung von Kali-  
umdiformiat mit einem Restgehalt an Kristallwasser entspricht. Korrigiert um die eingesetzte Menge an Kaliumformiat und an Kaliumdiformiat wurden insgesamt 15,5 g (0,12 Mol) Kaliumdiformiat erhalten.

##### Beispiel 2

[0050] Beispiel 2 wurde bis auf die Menge an eingesetztem Kaliumdiformiat, welche 0,5 g (entspricht 0,0038 Mol Ka- 40  
liumdiformiat) betrug, analog Beispiel 1 durchgeführt. Der Umsatz an Ameisensäuremethylester betrug 72%. Die Mischprobe aus dem auskristallisierten und dem durch Eindampfung gewonnenen Produkt enthielt einen Kalium-Gehalt 45  
von 30 Gew.-% und einen Wassergehalt von 2 Gew.-%. Korrigiert um die eingesetzte Menge an Kaliumformiat und an Kaliumdiformiat wurden insgesamt 15,5 g (0,12 Mol) Kaliumdiformiat erhalten.

##### Beispiel 3

[0051] In einen 400 mL-Glasautoklaven mit Begasungsrührer wurden 29,9 g (1,66 Mol) Wasser, 9,3 g Kaliumhydro- 50  
xid (0,17 Mol Kaliumhydroxid) und 20 g (0,33 Mol) Ameisensäuremethylester gegeben und für 24 Stunden auf 60°C er-  
wärmt. Anschließend wurde die Reaktionslösung zur Auskristallisation von Kaliumdiformiat auf Raumtemperatur abge-  
kühlt. Das auskristallisierte Kaliumdiformiat wurde isoliert und getrocknet. Aus dem gaschromatographisch quantitativ bestimmten Gehalt an Ameisensäuremethylester im Filtrat wurde dessen Umsatz zu 92% berechnet. Das Filtrat wurde 55  
vollständig eingedampft und das ausgeschiedene Kaliumdiformiat isoliert und getrocknet. Beide Kaliumdiformiat-Pro-  
ben wurden nun zusammengegeben, gewogen und auf dessen Wasser- und Kalium-Gehalt analysiert. Es wurde ein Ka-  
lium-Gehalt von 30 Gew.-% und ein Wassergehalt von 2 Gew.-% ermittelt, was der Zusammensetzung von Kaliumdifor-  
miat mit einem Restgehalt an Kristallwasser entspricht. Korrigiert um die eingesetzte Menge an Kaliumformiat und an 60  
Kaliumdiformiat wurden insgesamt 19,9 g (0,15 Mol) Kaliumdiformiat erhalten.

##### Beispiel 4

[0052] In einen 400 mL-Glasautoklaven wurden 50 g (0,89 Mol) Kaliumhydroxid und 10,25 g Wasser (0,57 Mol) vorge- 65  
legt und auf 60°C erwärmt. Anschließend wurden über 6 Stunden bei 60°C 107 g (1,78 Mol) Ameisensäuremethylester zudosiert. Die Reaktionslösung wurde auf Raumtemperatur abgekühlt und der Flüssigaustag gaschromatographisch analysiert. Es wurde kein Ameisensäuremethylester mehr nachgewiesen. Der Flüssigaustag wurde zur Abtrennung von Wasser und Methanol eingeeengt und das Kaliumdiformiat isoliert. Der Umsatz an Ameisensäuremethylester betrug >



# DE 102 10 730 A 1

99%, die Ausbeute an Kaliumdiformiat 116 g (0,89 Mol). Der Wassergehalt im Kaliumdiformiat betrug 2,0 Gew.-% und der Kaliumgehalt 29,8 Gew.-%.

## Beispiel 5

5 [0053] In einen 400 mL-Glasautoklaven wurden 74,8 g (0,89 Mol) Kaliumformiat und 30,0 g Wasser (1,67 Mol) vorgelegt und auf 60°C erwärmt. Anschließend wurden über 6 Stunden bei 60°C 53,5 g (0,89 Mol) Ameisensäuremethylester zudosiert. Die Reaktionslösung wurde auf Raumtemperatur abgekühlt und der Flüssigaustrag gaschromatographisch analysiert. Es wurde kein Ameisensäuremethylester mehr nachgewiesen. Der Flüssigaustrag wurde zur Abtrennung von  
10 Wasser und Methanol eingengt und das Kaliumdiformiat isoliert. Der Umsatz an Ameisensäuremethylester betrug > 99%, die Ausbeute an Kaliumdiformiat 116 g (0,89 Mol). Der Wassergehalt im Kaliumdiformiat betrug 2,2 Gew.-% und der Kaliumgehalt 29,9 Gew.-%.

## Beispiel 6

15 [0054] In einen 400 mL-Glasautoklaven wurden 50 g (0,89 Mol) Kaliumhydroxid und 10,25 g Wasser (0,57 Mol) vorgelegt und auf 60°C erwärmt. Anschließend wurden über 6 Stunden bei 60°C 107 g (1,78 Mol) Ameisensäuremethylester zudosiert. Die Reaktionslösung wurde auf Raumtemperatur abgekühlt und der Flüssigaustrag gaschromatographisch analysiert. Es wurde kein Ameisensäuremethylester mehr nachgewiesen. Aus dem Flüssigaustrag wurde das Methanol  
20 durch Destillation bei Normaldruck abgetrennt. Beim Abkühlen des Sumpfes kristallisiert 21 g an Kaliumdiformiat aus, das durch Filtration isoliert werden konnte. Das so gewonnene Kaliumdiformiat zeichnet sich, ohne das eine zusätzliche Trocknung vorgenommen wurde durch einen geringen Wassergehalt < 2,0 Gew.-% aus. Das 15 restliche Kaliumdiformiat kann durch Abtrennung des Wassers durch Destillation gewonnen werden. Der Umsatz an Ameisensäuremethylester betrug > 99%, die Ausbeute an Kaliumdiformiat betrug insgesamt 116 g (0,89 Mol).

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von ameisen-sauren Formiaten, **dadurch gekennzeichnet**, dass man Ameisensäuremethylester mit Wasser und einer basischen Verbindung mit einem  $pK_a$ -Wert der korrespondierenden Säure der entsprechenden Dissoziationsstufe von  $\geq 3$ , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, umsetzt, das gebildete Methanol  
30 abtrennt sowie optional den gewünschten Säuregehalt durch Zugabe von Ameisensäure einstellt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man ein Molverhältnis von Ameisensäuremethylester im Frisch-Feed zum Moläquivalent der basischen Verbindung im Frisch-Feed unter Berücksichtigung aller Dissoziationsstufen, welche durch Addition von Protonen zu korrespondierenden Säuren führen, welche einem  $pK_a$ -Wert  
35 von  $\geq 3$ , gemessen bei 25°C in wässriger Lösung, aufweisen, von 1,0 bis 10 einsetzt.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass man bei der Umsetzung im Reaktionsapparat eine Konzentration an Wasser von 0,1 bis 95 Gew.-% einsetzt.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man die Umsetzung bei einer Temperatur von 0 bis 150°C und einem Druck von 0,05 bis 1 MPa abs durchführt.
- 40 5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man das gebildete Methanol durch Verdampfung aus dem Reaktionsgemisch abtrennt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass man das erhaltene Gemisch abkühlt und die ausgeschiedenen ameisen-sauren Formiate abtrennt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass man die bei der Abtrennung der ameisen-sauren Formiate erhaltene Mutterlauge erneut bei der Umsetzung von Ameisensäuremethylester mit Wasser und einer basischen Verbindung einsetzt.
- 45 8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass man als basische Verbindung Natriumhydroxid, Natriumhydrogencarbonat, Natriumcarbonat, Natriumformiat, Kaliumhydroxid, Kaliumhydrogencarbonat, Kaliumcarbonat, Kaliumformiat und/oder Ammoniak einsetzt.
- 50 9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man Kaliumdiformiat, Natriumdiformiat, Natriumtetraformiat oder deren Gemische herstellt.
10. Verwendung der gemäß Ansprüche 1 bis 9 hergestellten ameisen-sauren Formiate zur Konservierung und/oder Ansäuerung von pflanzlichen und tierischen Stoffen.
11. Verwendung der gemäß Ansprüche 1 bis 9 hergestellten ameisen-sauren Formiate zur Behandlung von Bioabfällen.
- 55 12. Verwendung der gemäß Ansprüche 1 bis 9 hergestellten ameisen-sauren Formiate als Additiv in der Tierernährung und/oder als Wachstumsförderer für Tiere.